UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE QUERÉTARO
FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERÍA
MECÁNICA Y AUTOMOTRIZ

Elemento Finito I

Practica #4 – Análisis estático de un marco 3D con elementos viga en ANSYS APDL

Alumno: Joel Alexander Bautista Mejia Expediente: 311049

Docente: Dr. Isaías Cueva Pérez

I. Introducción

El análisis del comportamiento mecánico de cualquier objeto, prototipo o estructura es fundamental ya que permite garantizar la seguridad y viabilidad del diseño. Implementar el método de elementos finitos (FEA) permite predecir la respuesta o comportamiento de un sistema bajo diversas condiciones de operación, sin la necesidad de construir de prototipos físicos que demanden una inversión grande de dinero. Todo esto se resume a una serie de simulaciones que involucran todas las fuerzas y condiciones de frontera, buscando ser lo más realista posible para obtener una aproximación bastante cercana a la realidad. En base a lo anterior, en esta práctica se busca interactuar con un software relacionado al análisis por elemento finito, para determinar o resolver problemas de estructuras sometidas a diversas cargas y visualizar el comportamiento de la estructura, así como sus puntos críticos.

II. Objetivo

Modelar una estructura para semáforos en 3D utilizando elementos viga en ANSYS APDL y obtener los desplazamientos, las fuerzas y los esfuerzos en cada miembro de la estructura.

III. Recursos utilizados

ANSYS APDL.

IV. Metodología

Para el desarrollo de esta práctica se utilizó el software ANSYS APDL, debido a que su entorno permite interactuar con el modelo a través de una interfaz gráfica, permitiendo analizar el comportamiento mecánico del sistema y obtener resultados que permitan observar los esfuerzos y deformaciones debidas a las diversas cargas.

Como primer paso, se definió el tipo de elemento a utilizar, para esta práctica se seleccionó el elemento BEAM188, el cual es un elemento de tipo viga, que se caracteriza por tener un comportamiento multidireccional. Esto significa que está diseñado para soportar y transmitir no solo cargas axiales, sino también fuerzas cortantes, momentos flexionantes y esfuerzos de torsión.

Posteriormente, se establecieron las propiedades del material, el problema describe que son miembros de secciones tubulares de acero ASTM A36, para ello, se ingresó un módulo de Young de 200 GPa y una relación de Poisson de 0.26. Mediante el comando MPLIST se obtiene una lista donde se desglosa la información del módulo de elasticidad del material y verificar que sea la correcta.

Después, se procedió a definir las áreas de sección transversal. En base al problema, son 3 áreas distintas que corresponden a las diferentes partes del marco del semáforo. Se configuró la sección 1 con un diámetro exterior de 0.40 m y un espesor de tubo de 0.07 m para la base de la estructura, la sección 2 con un diámetro exterior de 0.25 m y un espesor de 0.05 m para los brazos y finalmente, la sección 3 con un diámetro exterior de 0.20 m y un espesor de 0.04 m para el resto de la estructura. Con el comando SLIST se abre una lista de las distintas secciones creadas para verificar que las dimensiones sean las correctas.

Una vez definidos todos los parámetros iniciales, se comenzó con la creación de la estructura. Se generaron 9 nodos utilizando las coordenadas dadas respetando los ejes X, Y y Z. Con el comando NLIST se genera una lista con todos los nodos creados en la interfaz, así como su ubicación dentro del espacio de APDL, esto sirve para checar que los nodos realmente estén situados en las coordenadas correctas.

Posteriormente, se conectaron todos los nodos mediante la creación de 8 elementos. Durante este paso, se asignaron las secciones transversales creadas previamente. Para el elemento 1 se definió con la sección 1, los

elementos 2 y 3 que son brazos del marco con la sección 2 y el resto de los elementos con la sección 3. Mediante el comando ELIST se despliega una lista de todos los elementos creados en el entorno junto con sus respectivas propiedades asignadas.

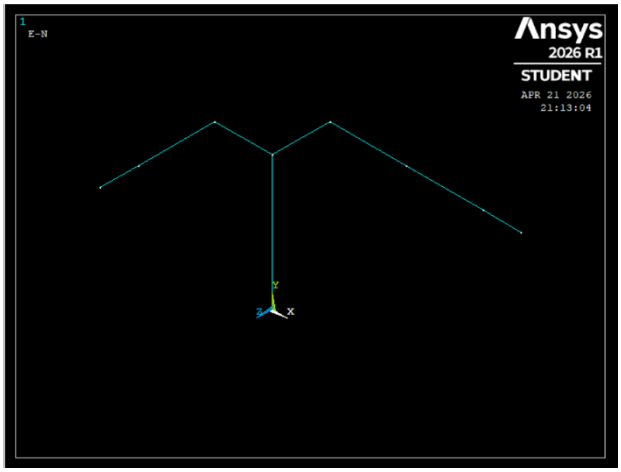

Fig. 1 Creación de los elementos en el entorno de APDL.

Después, se establecieron las condiciones de frontera del modelo. Para esta estructura, se consideró que el marco está completamente empotrado en el suelo, por lo que se restringió todo tipo de movimiento en el nodo 1.

Como siguiente paso, se establecieron las cargas asociadas a la estructura. Se aplicaron 4 fuerzas simulando el peso de los semáforos del marco, todas con un valor de -75 N en la dirección al eje Y. A través del comando FLIST se desglosa una lista donde se pueden observar todas las fuerzas aplicadas, lo que permite verificar la magnitud y la colocación de la fuerza.

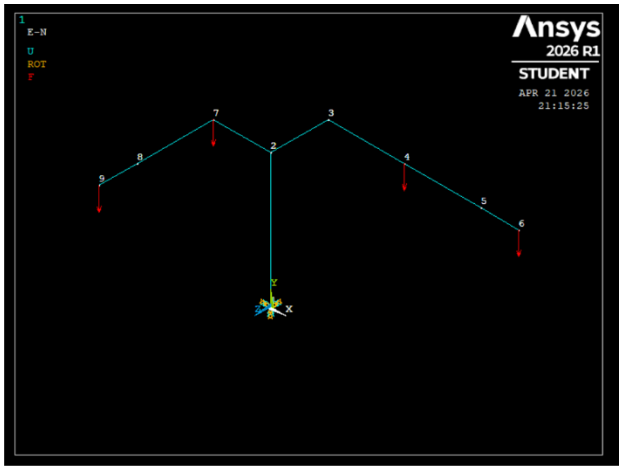

Fig. 2 Estructura con todas las cargas y restricciones de movimiento.

Por último, se procedió a solucionar el modelo para determinar los desplazamientos nodales, las fuerzas y momentos de reacción en los soportes, así como las fuerzas normales internas para todos los elementos de la estructura. Además, se extrajeron las gráficas de contorno del desplazamiento global, rotación global y fuerzas internas del marco.

V. Resultados

De acuerdo con la tabla 1 y la figura 3, se observa que la magnitud del desplazamiento máximo de la estructura se encuentra en el nodo 6, con un valor total de 0.591 milímetros. Este desplazamiento está principalmente compuesto por una componente mayor en la dirección UY de -0.5860 milímetros debido a la carga aplicada en ese nodo. Asimismo, posee una componente en el eje UX de 0.07245 milímetros y una pequeña componente en el eje UZ de 0.024844 milímetros. Por otra parte, el nodo 1 no presenta ningún tipo de desplazamiento debido a las condiciones de frontera establecidas, restringiendo todo el movimiento de la columna central de la estructura. Sin embargo, los nodos 2, 3 y 7 presentan desplazamientos menores debido a que se encuentran cerca de la base, sirviendo como puntos de transición en la transferencia de cargas hacia la columna central de la estructura. Además, los nodos 5 y 9, muestran desplazamientos considerables, debido a la deformación en el eje vertical principalmente.

Con el gráfico de contornos de desplazamientos nodales podemos corroborar la información de la tabla. Como se aprecia en la figura, efectivamente el nodo 6 es el que mayor desplazamiento posee en base a la escala de colores, donde el rojo indica un mayor desplazamiento.

Tabla 1. Desplazamientos nodales en cada uno de los ejes

Nodo	*UX (m)*	*UY (m)*	*UZ (m)*	*USUM (m)*
1	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.22296E-4	-0.72400E-7	0.13377E-4	0.26001E-4
3	0.72458E-4	-0.50285E-4	0.24844E-4	0.91629E-4
4	0.72458E-4	-0.21437E-3	0.24844E-4	0.22764E-3
5	0.72458E-4	-0.45419E-3	0.24844E-4	0.46060E-3
6	0.72458E-4	-0.58608E-3	0.24844E-4	0.59106E-3
7	0.41406E-4	-0.28312E-4	0.41566E-4	0.65145E-4
8	0.41406E-4	-0.10979E-3	0.41566E-4	0.12449E-4
9	0.41406E-4	-0.16251E-3	0.41566E-4	0.17278E-3

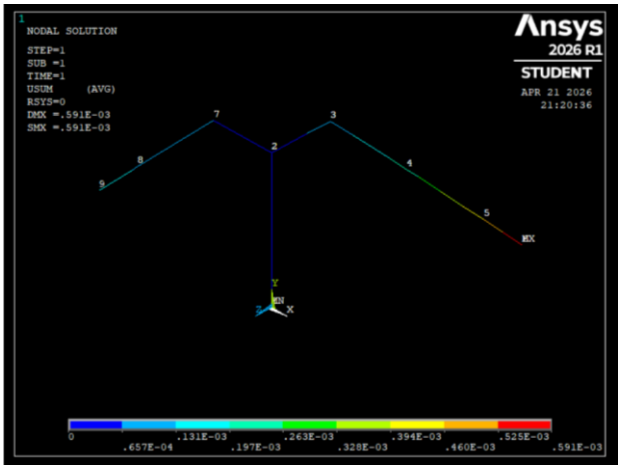

Fig. 3 Gráfica de contornos de desplazamientos.

Adicionalmente, el gráfico de contornos de rotación nodal nos muestra que la rotación máxima de la estructura ocurre en el extremo donde se encuentra el nodo 6. Este punto no solo sufre un desplazamiento máximo, sino también un mayor giro debido a la flexibilidad de los elementos en voladizo y las fuerzas aplicadas.

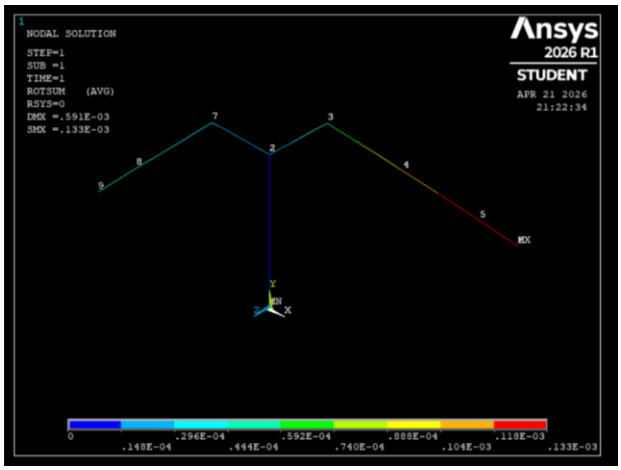

Fig. 4 Gráfica de contornos de rotación.

En base a la tabla 2, se observa que el único soporte ubicado en el nodo 1, presenta una reacción principal en el eje vertical de 300 N. Esta fuerza de reacción mantiene el equilibrio estático de manera que contrarresta la suma de las 4 fuerzas aplicadas en la geometría. En cuanto a los momentos, el nodo 1 experimenta un momento de reacción máximo de 750 Nm en eje Z, para contrarrestar el par generado por las fuerzas aplicadas en plano XY.

Tabla 2. Reacciones en el soporte

Nodo	*FX (N)*	*FY (N)*	*FZ (N)*	*MX (Nm)*	*MY (Nm)*	*MZ (Nm)*
1	0.34300E-10	300.00	0.19055E-10	-450.00	0.3258E-11	750.00

Con respecto a la tabla 3 y la gráfica de contornos de fuerzas internas, se observa que la estructura trabaja bajo esfuerzos de compresión, debido a los signos negativos de las fuerzas axiales obtenidas. El elemento 1, presenta una carga de compresión mayor, analíticamente es correcto debido a que la fuerza interna en el eje axial es la misma que imprime el soporte en eje vertical para mantener el equilibrio estático. Por otra parte, los elementos 2 y 3 comparten la misma magnitud de fuerza de compresión, debido a la distribución equitativa de las cargas en los bazos laterales. En contraste, los elementos 4, 5, 6 y 7 presentan magnitudes tendientes a cero, indicando que los elementos no transmiten cargas.

Tabla 3. Fuerzas normales internas por elemento

Elemento	*Fuerza normal (N)*
1	-300.00
2	-106.07
3	-106.07
4	-0.54456E-10
5	-0.27228E-10
6	-0.54456E-10
7	-0.27228E-10
8	0.000

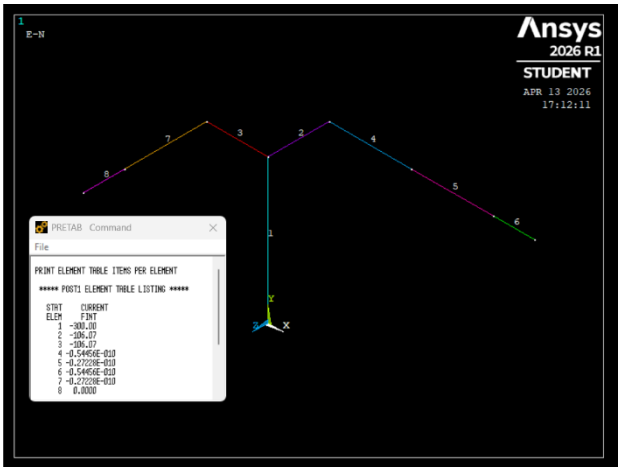

Fig. 5 Visualizacion de la estructura por elementos y sus fuerzas internas.

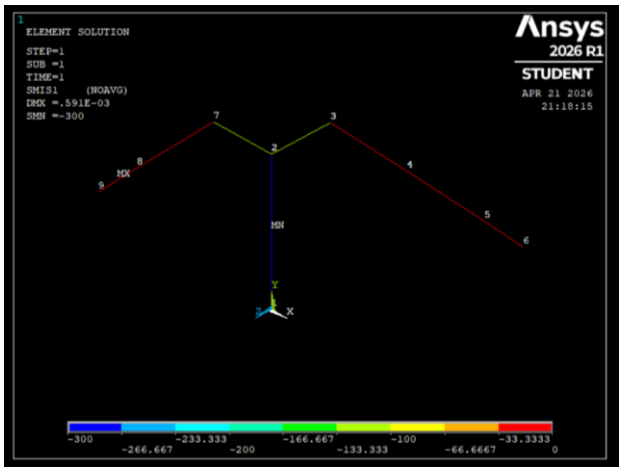

Fig. 6 Gráfica de contornos de las fuerzas normales internas.

VI. Conclusiones

A partir del desarrollo de la práctica y el análisis de resultados, el uso de un software de elemento finito ofrece mayores ventajas en comparación a una resolución analítica, debido a la potencia computacional de realizar miles de operaciones en poco tiempo y minimizar el error humano. La simulación permite iterar rápidamente y modificar parámetros sin necesidad de recalcular todo desde cero. Además, tiene la capacidad de obtener retroalimentación visual mediante gráficos que facilitan la interpretación de los resultados.

Por otra parte, tras realizar el análisis de la estructura, se puede determinar que existe una relación directa entre las cargas aplicadas y el desplazamiento nodal, debido a que la rigidez de la estructura disminuye conforme aumenta la distancia al soporte en cuestión, provocando un desplazamiento o deflexión como respuesta a la magnitud de una fuerza en cualquier sentido.

Respecto a los esfuerzos internos de cada elemento, el esfuerzo normal se concentra en su totalidad en el elemento 1 debido a la influencia de las cagas aplicadas, este elemento absorbe dichas fuerzas, mientras que los elementos diagonales son los que transmiten la carga hacia la base. Sin embargo, los elementos que forman el resto de la estructura realmente poseen esfuerzos axiales nulos, lo que indica que trabajan bajo flexión. Finalmente, todos los miembros de la estructura son sometidos a compresión, debido que las cargas empujan los elementos hacia el suelo.